

Etude de l'effet des produits neutralisants de l'odeur dans une porcherie.

Jacques NICOLAS - Pierre COBUT
Université de Liège
Département "Sciences et Gestion de l'Environnement"
Unité "Surveillance de l'Environnement"
Avenue de Longwy, 185
6700 ARLON

Rapport final d'étude
Filière Porcine Wallonne

Février 2006

Table des matières

Contexte

La Filière Porcine Wallonne a commandé à l'unité "Surveillance de l'Environnement" de l'Université de Liège une étude visant à analyser l'effet des produits "neutralisants" des odeurs en porcherie.

La proposition visait plusieurs objectifs :

- Une petite revue bibliographique sur le sujet, de manière à tenter de répondre à des questions du type : "les produits neutralisants ont-ils réellement une action destructrice sur les odeurs ou leur effet est-il un simple masquage ?", "d'autres études scientifiques sur ce sujet ont-elles montré une amélioration du problème de la nuisance olfactive ?"

- Des analyses physico-chimiques par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse sur base d'un prélèvement en cartouche adsorbante
  - de l'effluent d'élevage seul
  - du produit ECOLAIR seul
  - de l'effluent d'élevage en mélange avec le produit.

  Cette partie de l'étude vise à l'identification des composés et à une analyse semi-quantitative de ceux-ci.

- La détermination de la concentration de l'odeur dans le local de la porcherie par olfactométrie dynamique, sans injection du produit, avec injection d'eau et avec injection du produit. Les échantillons prélevés peuvent aussi servir à apprécier le caractère hédonique (tonalité affective) de l'odeur.
  Cette dernière partie de l'étude est destinée à apprécier la différence qualitative et quantitative entre l'effluent d'élevage seul et le même effluent traité par le produit.

Brève étude bibliographique des produits neutralisants

Le traitement des odeurs par produits neutralisants

Les produits dits "neutralisants" sont des produits soit à disperser sur le sol du bâtiment d'élevage, soit à mélanger à la litière ou au lisier, soit à pulvériser par des systèmes d'aspersion en fines gouttelettes.
En 2000, Guingand et Loiseau[1] identifiaient 78 produits, dont les 2/3 utilisables en bâtiment et le tiers restant utilisable en fosse de stockage ou à l'épandage. Selon leur classification, les produits appartiennent

- soit à la famille des "biologiques" avec micro-organismes, lorsque la composition met en évidence des souches bactériennes;
- soit à celle des "biologiques" sans micro-organismes, lorsque la matière active est d'origine animale, végétale ou minérale (algues, argile, …);
- soit à la famille des "chimiques";
- soit à celle des "aromatiques" (huiles essentielles, masquants, arômes);
- soit à un groupe de formulations inconnues.

Dans le cadre de cette étude, c'est surtout la famille des "aromatiques" qui nous intéressera. Cependant, notre recherche bibliographique par mots clés dans les bases de données scientifiques semble indiquer que très peu d'études ont été réalisées sur ce sujet.

Type de produit

La composition précise des produits n'est jamais dévoilée : un "secret de fabrication" semble toujours justifier le maintien d'un certain mystère relativement à la composition et au mode d'action des produits.
Lors d'une rapide consultation des produits disponibles sur le marché, des termes reviennent fréquemment dans la description de la composition. Ces termes décrivent soit des substances naturelles, comme "essences naturelles", "huiles essentielles", "huiles aromatiques", soit des familles chimiques, comme "esters aromatiques" ou "tensioactifs", soit des entités biologiques comme "bactéries non pathogènes" ou "enzymes stabilisées".

Rappelons la définition de chacun de ces concepts.

Une **'essence'** est une substance aromatique naturelle qu'une plante sécrète. L'essence est directement extraite par expression, comme l'essence du zeste du citron.

Le terme **'huiles essentielles'** est une dénomination collective pour toutes les substances odorantes qui peuvent être isolées au départ de végétaux[2]. En fait, l'huile essentielle est souvent le résultat de la distillation à la vapeur d'eau d'une essence.
Chimiquement, il s'agit d'une combinaison organique, souvent apolaire et très volatile.
On compte un grand nombre d'huiles essentielles issues du règne végétal : beaucoup de plantes, telles que les celles utilisées comme épices ou cultivées pour leurs fruits, que l'homme qualifie d'odorantes, peuvent produire des huiles essentielles. Depuis la nuit des temps, l'homme utilise les huiles essentielles comme substances odorantes. De nos jours encore, une sélection de ces matières naturelles entre, individuellement ou sous forme de mélange, dans la composition de parfums, de produits cosmétiques, de substances odorantes ou aromatiques. Techniquement, l'extraction des huiles essentielles des matières végétales se fait par isolation, notamment par la méthode douce de la distillation à la vapeur d'eau (il s'agit d'une sorte de "cuisson à la vapeur" des cloisons cellulaires ; le mélange essence-vapeur est alors refroidi dans des réservoirs ; la vapeur se condense en un liquide saturé d'eau sur lequel flotte l'huile essentielle qui est alors prélevée).
Notons cependant que la synthèse chimique permet de produire des huiles essentielles identiques aux huiles naturelles. Les huiles essentielles constituent un groupe de matières naturelles organiques, comptant environ 8000 représentants, avec une faible masse moléculaire et différents groupes fonctionnels.
Contrairement à ce que son nom pourrait faire penser, une "huile" essentielle ne comporte pas spécialement de corps gras, mais uniquement des molécules aromatiques volatiles (la dénomination "huiles" semble historiquement due au fait que ces substances étaient solubles dans les huiles).

Quant à l'appellation **'huile aromatique'**, elle est souvent utilisée en phyto-pharmacie pour qualifier une huile parfumée. Une huile aromatique peut notamment être une huile essentielle. Cependant, l'adjectif "aromatique", qui, en chimie, représente une classe de composés bien définie (comprenant au moins une chaîne carbonée cyclique), peut paraître ambigu pour la qualifier.

Les appellations chimiques classiques, sont, elles, plus restrictives et moins ambiguës.
Un **'ester'** est un dérivé d'un acide carboxylique qui a réagi avec un alcool. Au cours de cette réaction dite "d'estérification", le groupe –COOH typique des acides carboxyliques est condensé à un groupe hydroxyle –OH pour former la liaison ester –COOC-, avec élimination d'une molécule d'eau H_2O. La formule générale d'un ester est donc R-COO-R'. Un **'ester aromatique'** est issu d'un acide aromatique. Le premier radical (R) comprend donc le cycle benzénique. C'est lui qui donne la terminaison –oate dans le nom de l'ester, alors que le second radical (R') donne la terminaison –yle, par exemple "2-hydroxybenzoalte de méthyl".

Beaucoup d'esters sont très odorants, ils sont fréquemment utilisés comme solvants et comme matières premières en parfumerie et en pharmacie.

Un composé **'tensioactif'** (encore appelé "agent de surface" ou "surfactant") a comme principale action d'abaisser la tension superficielle entre deux surfaces. On trouve des molécules tensioactives dans la composition des savons, shampoings et autres détergents. Selon leur fonction spécifique, on parlera de détergents ("nettoyants"), d'agents mouillants, moussants, dispersants ou émulsifiants. Leur pouvoir mouillant est dû à une particularité structurale de leur molécule, qui présente une extrémité hydrophile et l'autre lipophile. L'extrémité lipophile est attirée par les composés apolaires comme les graisses et l'extrémité hydrophile est attirée par les molécules polaires comme l'eau. Dans les **'tensioactifs non-ioniques'**, la fonction polaire (hydrophile), ne possède pas de charge électrique, ce qui semble intéressant pour éviter la formation d'émulsions.
Les molécules tensioactives se déplacent vers l'élément graisseux, la partie lipophile s'y attachant. Il y a donc création d'agrégats (micelles) qui sont facilement évacués par l'eau de rinçage, puisque l'autre extrémité est hydrophile.

Une **'bactérie'** est un organisme uni-cellulaire sans noyau qui, en l'occurrence, peut assimiler la matière organique du lisier ou du fumier pour en faire un produit plus simple. Cette opération génère des composés organiques volatils (CH_4, NO_2, …) qui peuvent aussi être odorants. Les fabricants de produits anti-odeur basés sur des bactéries assurent toujours que celles-ci sont **'non pathogènes'**.

Une **'enzyme'** est une protéine volumineuse qui agit comme catalyseur dans les réactions biochimiques. Ce pouvoir catalytique s'affaiblit cependant au cours du temps, c'est pourquoi les techniques actuelles de biotechnologie visent à produire des **"enzymes stabilisées'**, soit par la découverte d'enzymes naturellement stables, soit en ajoutant des additifs à des enzymes existants, soit par synthèse en utilisant l'ingénierie des protéines. Dans le domaine de la réduction des odeurs, les enzymes sont notamment bénéfiques pour accélérer les processus de décomposition des fumiers et des lisiers.

Mode d'utilisation

Il y a plusieurs manières d'utiliser ces produits en porcherie : soit les incorporer dans l'aliment des porcs, soit les épandre sur le sol ou les introduire dans la pré-fosse, soit les pulvériser en fines gouttelettes à l'intérieur du bâtiment ou en périphérie. C'est surtout ce dernier mode d'action qui concernera la présente étude.

Encore une fois, pour qualifier cette pulvérisation en fines gouttelettes, les notices de spécification des fournisseurs utilisent plusieurs termes : "vaporisation", "brumisation", "atomisation", "nébulisation", "micronisation"…
Dans tous les cas, il s'agit de créer une sorte de brouillard, par des gouttelettes de diamètre de l'ordre de 2 à 15 microns. En effet, pour permettre au produit de développer son potentiel désodorisant, il doit tout d'abord être dilué à l'eau, puis le mélange doit être finement réparti dans l'air. L'aérosol ainsi obtenu possède une grande surface spécifique et donc, une grande surface de contact pour les molécules odorantes à "éliminer".
La probabilité de collisions efficaces entre les gouttelettes et les molécules gazeuses se trouve ainsi considérablement accrue. En outre, les gouttelettes de cette taille ne sédimentent que très peu. Elles restent donc très longtemps en suspension dans l'air, ce qui permet de garantir une longue durée d'efficacité des ces brouillards.

Selon la plupart des fabricants donc, il y aurait indiscutablement d'abord un effet physique permettant la collision des molécules odorantes avec l'aérosol, puis leur adsorption. On

parle "d'emprisonnement", de "capture" des molécules gazeuses dans les gouttelettes. Ainsi, elles échapperaient au système sensoriel. Plus tard, les gouttelettes peuvent se volatiliser ou s'écrouler, par effet gravitationnel, mais il se serait passé entre-temps des réactions chimiques qui auraient neutralisé l'odeur.

Mode d'action

Encore une fois, pour la plupart des fabricants, la description de l'action qui permet à ces produits de "neutraliser" l'odeur reste assez mystérieuse : en général, seul le résultat compte, peu importe l'explication des réactions.

L'effet global est toujours présenté comme l'association de plusieurs effets individuels.
Ainsi, selon Sylvain Savard [2], plusieurs phénomènes entrent en ligne de compte.

- *Les forces de Van der Waals, qui décrivent les interactions apolaires entre les molécules, favorisent le rapprochement des molécules entre elles, sans pour autant entraîner une réaction chimique.*
  Les molécules odorantes seraient donc attirées par les aérosols composés d'eau et d'huiles essentielles. Cette action serait favorisée par la présence de produits tensioactifs. Ces forces constitueraient donc le moteur du premier contact des deux types de molécules, qui pourraient ensuite réagir entre elles. En outre, les molécules odorantes échapperaient ainsi à la perception sensorielle, puisqu'elles seraient liées aux aérosols. On peut aussi imaginer qu'il se produit ainsi une légère solubilisation des polluants odorants, ce qui pourrait aussi conduire à une diminution de l'odeur (au même titre que la dilution dans de l'eau pure).

- *La formation de paires, selon la théorie du physiologiste néerlandais de la fin du XIXe siècle, Zwaardemaker, implique que deux odeurs fortes peuvent réagir en créant un mélange gazeux moins odorant (phénomène d'inhibition).*
  Chimiquement donc, il n'y aurait pas besoin de constater la réduction des matières odorantes, mais le mélange, dans certaines proportions d'odeurs "opposées" peut causer l'élévation du seuil de perception de l'odorat humain.

- *Des réactions chimiques diverses peuvent alors intervenir entre les gaz odorants et les huiles essentielles.*
  La plupart des fabricants affirment que l'odeur n'est pas simplement masquée, mais qu'elle est bien détruite. Cela suppose donc que les réactions chimiques donnent naissance à des produits inodores ou tout au moins qui possèdent une tonalité olfactive plus agréable. Ainsi, l'acide sulfurique serait transformé en sulfate, ou un acide carboxylique serait transformé en ester par l'action d'un alcool contenu dans la formulation de l'huile essentielle.

Selon Greenworld, fabricant de produits et de systèmes neutralisants [3], il y aurait échange d'ions entre le produit et l'odeur, avec formation d'agglomérats lorsque l'équilibre est atteint.

D'autres expliquent les phénomènes de manière plus chimique en invoquant les composés à chaînes longues des produits neutralisants qui "emballeraient" ("séquestreraient" selon Monsanto[4]) les molécules odorantes, plus petites.

Pour le grand public, l'explication de Id'O Concept[5], une entreprise française spécialisée dans l'abattement des odeurs du lisier de porc, est que l'inventeur du produit a *"traduit en langage chimique l'odeur du lisier et lui a ajouté un produit d'une composition chimique totalement inverse (?) à base d'huiles essentielles de plantes".*

Enfin, une explication très simple consiste à affirmer que le produit de réaction neutralisant/odeur possède une tension de vapeur beaucoup plus faible que la molécule odorante d'origine, ce qui entraîne une diminution importante du nombre de molécules en phase vapeur.

Scientifiquement parlant, ces différentes théories qui tentent d'expliquer les modes d'action sont toutes vraisemblables et peuvent être justifiées. Elles ne se contredisent d'ailleurs pas et ces modes d'action peuvent agir en parallèle ou en séquence, un effet pouvant en engendrer un autre. L'utilisateur reste cependant "sur sa faim" quant à l'explication réelle des phénomènes impliqués.
En effet, si l'effet "physique" était par exemple le plus important, le fait de pulvériser simplement de l'eau pure n'aurait-il pas le même effet ?
Le mélange de deux odeurs qui conduit à l'inhibition pourrait tout aussi bien conduire à un phénomène de synergie (deux odeurs faibles en mélange donnent une odeur plus forte) : pourquoi les huiles essentielles en mélange avec n'importe quelle odeur engendreraient-elles toujours une diminution de l'odeur ressentie ?
Lorsque plusieurs composés sont en mélange (par exemple : différentes huiles essentielles, des tensioactifs et des bactéries) : quel est celui qui engendre l'effet prioritaire ?
Par exemple, le produit de Id'O Concept[5] est le mélange de 60 parfums! Est-ce techniquement possible d'apprécier la performance d'une telle combinaison par rapport à d'autres ?
Comme les huiles essentielles sont pratiquement toutes odorantes elles-mêmes : comment peut-on être certain qu'elles atténuent le niveau d'odeur et qu'elles ne le masquent pas ?
Un fabricant (Moleclean [6]) avoue que son produit est lui-même odorant. "Pour répondre à la demande de certains utilisateurs", affirme-il, "des huiles essentielles odorantes ont été ajoutées. Cela sert de traceur de traitement et laisse une bonne odeur".
Si le produit "neutralisant" est vaporisé dans un bâtiment de porcherie, il est vraisemblable qu'il soit bien mélangé aux composés odorants. Mais lorsqu'il est pulvérisé en périphérie d'un centre d'enfouissement technique par des rampes d'aspersion, le panache d'odeur est-il réellement influencé par le brouillard local formé ?
Dans cet esprit, Perret et collaborateurs[10] font remarquer que, sur le plan théorique, certaines des substances présentes dans les produits anti-odeur possèdent effectivement des fonctions "aldéhyde" susceptibles de se combiner avec des sulfures organiques et avec des amines, mais que ces réactions sont difficilement envisageables lors d'une pulvérisation en milieu aérien compte tenu des cinétiques de réaction qu'elles exigent.

Dans un projet visant à développer un banc d'essai pour tester les produits dits "neutralisants d'odeur"[11], Couvert et collaborateurs insistent sur les éléments suivants à tester :

- l'effet de compétition des composés odorants (selon leur "pente de Stevens") dans la concentration et la tonalité hédonique de l'odeur résultante;
- la taille des gouttelettes, compromis entre la surface de contact et la vitesse de chute;
- la réactivité chimique des produits, avec comme réactions susceptibles d'entrer en jeu
    - le passage du composé à une forme soluble ou dissociée par une modification du pH;
    - une oxydation;
    - des réactions spécifiques de neutralisations dues aux composés à fonctions multiples des huiles essentielles (ex. : fonctions acides, amines, …).

Autant de questions auxquelles une étude concernant les produits anti-odeur devraient tenter de répondre.

Résultats d'études diverses

Rampes d'aspersion autour d'un CET

Une première étude concerne une campagne de mesures réalisée par le Certech à la demande d'Intradel sur le centre d'enfouissement technique d'Hallembaye en 1998[7]. L'analyse des odeurs a été réalisée par olfactométrie dynamique et par chromatographie FID pour déterminer les composés organiques volatils (COV) totaux.
Compte tenu du mode d'action particulier des techniques de rampes d'aspersion (voir ci-dessus), il est difficile de réaliser des prélèvements du mélange odeur+produit neutralisant. Les prélèvements ont donc été réalisés à la fois à proximité du site de déversement ("odeur pure") et directement dans le nuage vaporisé ("neutralisant pur"). Le mélange des deux, dans différentes proportions, a été réalisé au laboratoire.
Cette méthode est pertinente et est probablement la seule qu'il était possible d'imaginer pour étudier l'effet de rampes d'aspersion. Néanmoins, le mélange réalisé au laboratoire n'est pas représentatif du mélange réel obtenu à une certaine distance des rampes d'aspersion. Les résultats ne peuvent donc pas être extrapolés à l'odeur perçue par les riverains.
Le Certech a toujours constaté un abattement de la concentration d'odeur lorsque le produit était mélangé à l'odeur de déchets. Le rapport minimum d'abattement était de 7 (2300 uo/m^3 au départ et 336 uo/m^3 après mélange). Le taux d'abattement reste assez indépendant de la concentration d'odeur au départ.
Le laboratoire a également enregistré un nombre de COV beaucoup plus important dans le mélange avec le produit que dans l'odeur pure. Ceci semble logique : les huiles essentielles sont constituées en général d'un grand nombre de composés volatils.
Deux produits ont été testés (appelons-les A et B). Pour le produit B, l'abattement d'odeur semble augmenter avec la concentration de COV dans le mélange. Comme les COV semblent provenir surtout du produit neutralisant, il semblerait donc que le produit élimine bien l'odeur. Pour le produit A, cependant, cette relation n'est pas aussi claire. Le niveau olfactif semble augmenter avec la concentration de COV (et donc du produit neutralisant). L'impression de réduction de l'odeur ressentie par le jury de la méthode olfactométrique pourrait, dans ce cas, être due à un masquage de l'odeur de déchet par le produit A.

Produits "additifs" en porcheries

Spécifiquement pour les porcheries, deux publications de Institut Technique du Porc (ITP), en France, méritent d'être signalées.
Cinq produits ont été testés dans le cadre d'études menées conjointement par l'ITP et la Chambre Régionale d'Agriculture des Pays de la Loire et celle de Vendée[8]. Ces études ont été menées sur des salles d'engraissement. Quatre de ces produits sont des additifs du lisier, alors que le dernier est une solution d'huiles essentielles pulvérisée dans le bâtiment (produit "Olfaxion"). Le débit d'odeur avant traitement était de l'ordre de 28 à 47 unités odeur par seconde et par porc (soit environ 35 uo/s/porc en moyenne) et la concentration en ammoniac de l'ordre de 10 ppm.
Quelques constatations générales doivent être mentionnées.

- Il existe une forte différence entre l'été et l'hiver, aussi bien dans la production d'odeur et d'ammoniac (davantage de production en été) que dans l'action des produits anti-odeur (il y a parfois abattement de l'odeur en été et augmentation en hiver).
- Il ne semble pas exister de corrélation entre la production (et l'abattement) de l'ammoniac et celle de l'odeur : les deux émissions semblent tout à fait indépendantes et il semble impossible d'estimer un paramètre en fonction du second.

- Le système d'extraction influence beaucoup la concentration de l'odeur : en été par exemple, le débit d'extraction est plus élevé, si bien que le débit d'odeur calculé (concentration d'odeur x débit d'extraction) est toujours supérieur à celui estimé en hiver, même à égalité de concentration d'odeur.
- Pour les 4 premiers produits (additifs du lisier ou produits à épandre sur le sol), on observe globalement une diminution de la concentration de l'ammoniac et du débit d'odeur. Cette diminution dépend du produit et de la saison, elle varie de 0 à près de 40%.
- Concernant plus spécifiquement le produit pulvérisé, qui intéresse davantage le présent travail, les auteurs de l'étude concluent qu'il n'a pratiquement aucune efficacité (-2% pour l'ammoniac et +1% pour l'odeur). Ils ont également demandé de classer le mélange traité sur une échelle hédonique à 11 niveaux. La note moyenne est de –2, soit "faiblement désagréable".

Les résultats globaux sont donc assez mitigés et les produits ne semblent pas particulièrement efficaces. Même lorsqu'un abattement de l'odeur est constaté, il convient de relativiser le résultat en fonction de l'erreur de mesure. En effet, il est bien connu que les tubes colorimétriques Dräger qui ont servi à la détermination du NH_3 ne donnent que des valeurs indicatives et que la concentration d'odeur fournie par l'olfactométrie peut être entachée d'une erreur de 100%. L'erreur est d'ailleurs fournie pour toutes les valeurs présentées dans l'article. Par exemple, pour un produit donné, d'un débit d'odeur initial de 40±15 uo/s/porc, on passe à 30±20 uo/s/porc après traitement. Comme les deux intervalles de confiance se recoupent largement, la conclusion concernant l'efficacité du produit peut être mise en doute.

Une seconde étude menée par l'ITP concerne un essai réalisé dans un élevage naisseur-engraisseur de 215 truies avec un produit à épandre sur le caillebotis ou dans la fosse à lisier[9]. Le débit d'odeur passe de 47 à 32 uo/s/porc, soit un abattement de 32% en moyenne.

En résumé, pour ces deux études, il semblerait donc que les additifs à épandre sur le sol ou à ajouter au lisier peuvent prétendre réduire sensiblement le niveau d'odeur, mais cette conclusion est plus contestable pour le produit à pulvériser.

Sites industriels

Une étude d'Ineris en France, pour le compte de l'ADEME, concerne trois sites [10]: un site de fabrication de glucose à partir d'amidon de maïs (effluents du sécheur de boues), une usine de déshydratation d'oignons et un site de compostage de boues industrielles. Les effluents gazeux générés étaient, dans les trois cas, particulièrement odorants (voir plus loin : concentrations atteignant 500 000 uo/m^3!!!). Trois types d'essai ont été effectués : odeur "brute", pulvérisation à l'eau pure et pulvérisation du produit neutralisant dans des conditions optimales d'utilisation. Chaque mélange gazeux a été analysé par diverses méthodes chromatographiques et par olfactométrie. En outre, des essais de laboratoire sur atmosphères reconstituées ont permis d'appréhender les rendements dépuration qu'il est possible d'atteindre avec ces produits.
Les résultats sont les suivants.

- Pour l'entreprise de fabrication de glucose, l'essai de pulvérisation du produit de traitement fait apparaître une légère diminution de la concentration d'odeur (de 5.26 10^5 uo/m^3 à 3.18 10^5 uo/m^3). Selon les auteurs, cette différence d'environ 40% n'est pas significative compte tenu de la possible évolution du process entre les essais et de l'incertitude de la mesure olfactométrique. L'ajout de l'écart-type expérimental à la concentration d'odeur mesurée avec le traitement fournit en effet un

intervalle de 1.86 10^5 à 5.37 10^5 uo/m^3. La pulvérisation d'eau pure n'a, quant à elle, pratiquement aucun effet sur la concentration d'odeur.
Les analyses physico-chimiques ne montrent pas d'évolution marquée de l'ensemble des composés odorants, si ce n'est H_2S pour la pulvérisation d'eau (-50%) et les acides organiques pour la pulvérisation de produit (-50%).

- Pour l'entreprise de déshydratation d'oignons, la concentration d'odeur passe de 9370 uo/m^3 pour l'effluent brut à 7140 uo/m^3 avec le produit de traitement et elle augmente même avec la pulvérisation d'eau (mais les émissions variaient très fort au cours de la journée de mesure). Les sulfures organiques semblent diminuer lors de la pulvérisation d'eau et les acides organiques diminuent lors des pulvérisations (eau ou produit).

- Pour le site de compostage de boues industrielles, le scénario est pratiquement le même : une réduction peu marquée de l'odeur avec le produit (on passe de 9.66 10^4 à 6.21 10^4 uo/m^3) et même une légère augmentation avec la pulvérisation d'eau et assez peu de changement concernant les composés chimiques, excepté pour les acides organiques.

En conclusion, il apparaît quand même une légère diminution de la concentration d'odeur après traitement (et pas lors de la pulvérisation d'eau). Cette diminution, bien que non significative au vu des incertitudes, est cependant observée pour chaque cas. L'odeur résiduelle reste cependant toujours très importante et donc gênante pour les riverains.
Par contre, en complément aux essais d'efficacité du produit sur l'air vicié, des tests ont été effectués en mettant en contact le produit neutralisant avec les eaux de lixiviation des andains de compostage. Le taux d'abattement des composés odorants est alors au minimum d'un facteur 6.

Lien avec H_2S et NH_3

Enfin deux autres articles méritent d'être évoqués. Bien que non en relation directe avec des essais de pulvérisation de produits de traitement, ils font état de l'éventuelle relation entre les produits réputés odorants, notamment le sulfure d'hydrogène et l'ammoniac, et la concentration ou le débit d'odeur pour des élevages (de canards dans les cas présents).
La première [12] conclut qu'aucune relation n'est établie entre la concentration d'odeur (en uo/m^3) et les concentrations gazeuses de NH_3 et H_2S, alors que la deuxième [13] met en évidence une relation entre le débit d'odeur (en uo/s) et les concentrations de ces deux composés. Les deux études sont réalisées par le même groupe français de l'ITAVI et sur le même type d'élevage.
Il est donc probable que les concentrations de l'odeur d'une part et d'hydrogène sulfuré et d'ammoniac d'autre part ne sont pas réellement liées. Par contre, la concentration en composés chimiques diminuant avec la ventilation, par effet évident de dilution, et celle-ci étant un des facteurs intervenant dans le calcul du débit d'odeur, il semble incontestable que ce dernier soit lié aux concentrations chimiques.
La conclusion de ces études va dans le même sens que celle de l'étude de l'Institut Technique du Porc[8] : l'abattement en H_2S et NH_3 ne semblerait pas suffire à réduire le niveau d'odeur. Il s'agit d'une information intéressante qui pourrait conditionner le choix des techniques d'abattement mises en œuvre.
Par contre, une conclusion subsidiaire est que les fortes différences de débit d'odeur entre la saison d'été et la saison d'hiver sont essentiellement dues au débit de ventilation qui varie sensiblement entre les deux saisons, mais très peu à la concentration d'odeur, qui, elle, reste plus ou moins la même.

Conclusion de l'étude bibliographique

Cette brève étude bibliographique ne permet pas de se faire une idée claire sur les mécanismes physico-bio-chimiques mis en œuvre dans l'action des produits dits "neutralisants d'odeur". Plusieurs hypothèses sont avancées par les scientifiques et par les fabricants, mais il n'y en a pas une qui émerge pour justifier le fait que l'odeur n'est pas masquée, mais bien neutralisée.

Mais peu importe l'explication si l'effet désiré est observé empiriquement.
Pourtant, ici encore, les quelques mesures réalisées dans des bâtiments d'élevage, des entreprises ou autour de centres de traitement de déchets ne prouve pas de manière indiscutable que l'odeur initiale n'existe plus.
Certes, dans la plupart des cas, le traitement par pulvérisation de produit à base d'huiles essentielles semble réduire la concentration de l'odeur de 10 à 50 %. Ce taux d'abattement reste cependant faible et ne permet pas d'éviter la nuisance. En outre, la prise en compte des incertitudes de la mesure et de la variabilité des odeurs émises n'autorise pas de fournir une significativité statistique au taux d'abattement.

En tout état de cause, la plupart des études montrent que l'action de réduction des composés chimiques odorants et celle du niveau d'odeur sont toujours plus faibles lorsqu'un produit à base d'huiles essentielles est utilisé en pulvérisation par rapport à d'autres modes d'action, et surtout lors de l'utilisation en milieu liquide, par contact direct avec les effluents (lisier, lixiviat). Ce constat semble en tout cas vérifié en conditions réelles, alors que le mélange intime de l'effluent gazeux et de la vapeur "neutralisante" réalisé artificiellement en laboratoire semblerait fournir de meilleurs résultats.

Enfin, les études relatives aux élevages montrent que l'utilisation de produits neutralisants, quel que soit leur mode d'action, reste un procédé de "bout de chaîne". Il ne peut en aucun cas dispenser l'éleveur de mettre en œuvre des procédés plus préventifs, comme une bonne gestion des fientes et une hygiène irréprochable. De tels méthodes sont toujours beaucoup plus efficaces que les techniques de pulvérisation.

A l'issue de ce survol de la littérature, on peut conclure qu'un certain nombre de produits de traitement des odeurs proposés actuellement sur le marché pour désodoriser l'air peuvent apporter un certain confort olfactif. Mais ils doivent être utilisés avec la plus grande prudence, car cette amélioration du confort peut également être due à un effet de masquage (remplacement d'une odeur ressentie comme désagréable par une odeur "agréable"). En effet, aucun d'entre eux ne semble contribuer de manière significative à la réduction des concentrations en composés réputés odorants.
Peut-être donc l'effet de réduction globale ressenti n'est-il que subjectif et dans ce cas, il convient, en particulier dans les atmosphères confinées, comme des locaux d'élevage, de ne pas considérer la détection olfactive comme une garantie de la pureté de l'air. Elle devrait idéalement être associée à une surveillance continue par des capteurs de gaz toxiques.

Terrain d'application de l'étude

L'étude de l'unité "Surveillance de l'Environnement" a été menée dans des locaux de post-sevrage au Centre de Référence et d'Expérimentation chez Claude Baijot, "naisseur-engraisseur" ardennais.

L'exploitation (photo 1), située à Naomé, près de Paliseul, en zone ardennaise, est une porcherie en circuit fermé (truies, post-sevrage et engraissement).



Photo 1 : Exploitation de Claude Baijot à Naomé-Graide.

Les bâtiments d'élevage se trouvent en zone agricole, la première habitation, à 316 mètres est en zone d'habitat à caractère rural et la limite de la zone d'habitat à caractère rural est à 188 mètres de l'exploitation. L'environnement est relativement dégagé, si ce n'est un petit bois à proximité.
Typiquement l'élevage comporte une centaine de truies gestantes, une douzaines de truies avec portée (photo 2), environ 150 porcelets de moins de 15 kg, 400 porcs entre 15 et 30 kg et 400 porcs au stade de la finition.
Les truies sont sur caillebotis total, les porcelets en post-sevrage sur caillebotis total et l'engraissement est en litière glissante.
Le fumier est stocké en tas ou au bord des champs et le lisier est stocké sous les animaux avec une fosse principale sous les truies.



Photo 2 : Truie avec portée.

La ventilation est mécanique avec cheminée verticale dépassant le faîte du toit pour la maternité et le post-sevrage et naturelle pour les locaux de gestation et d'engraissement.

Il a été décidé d'effectuer les tests en salles de post-sevrage.
En effet, il est possible de mesurer les odeurs dans plusieurs locaux de tailles identiques, contenant à peu près le même nombre de porcelets et équipés du même système de ventilation et de caillebotis.
La porcherie compte en effet 3 salles de post-sevrage, avec 8 boxes chacune. Un box accueille environ une vingtaine de porcs sur caillebotis total (photo 3).



Photo 3 : Porcelets sur caillebotis dans un box d'une salle de post-sevrage.

Chaque salle est équipée d'une cheminée avec ventilateur (photos 4 et 5).





Photos 4 & 5 : Conduit vertical d'extraction dans une salle de post-sevrage et ventilateur correspondant.

Il a été décidé de comparer les odeurs dans des conditions les plus reproductibles possibles : effectuer le même jour, à quelques heures d'intervalle, les tests sur l'odeur pure et sur l'odeur traitée et réaliser plusieurs réplicats de ces mesures, chaque fois sur des locaux présentant des conditions identiques, à savoir des porcs de 4 semaines.

Excepté une mesure générale pour situer l'ordre de grandeur du débit d'odeur et des distances de perception, il a été convenu que les mesures n'étaient pas réalisées dans l'environnement autour de la porcherie, mais bien à la source, dans les locaux de post-sevrage. En effet, l'odeur globale n'est pas représentative de l'effet du traitement, puisqu'elle résulte de l'ensemble de la production porcine de Mr Baijot et pas uniquement de la salle de post-sevrage traitée.

Il n'était pas non plus prévu d'évaluer un débit d'émission d'odeur, obtenu par multiplication de la concentration de l'odeur par le débit de l'extracteur, mais uniquement la concentration de l'odeur dans le local. Nous n'avons donc pas jugé utile de mesurer la vitesse de l'air dans le conduit à chaque passage.

Système de traitement de l'odeur

Les tests ont été réalisés avec la collaboration de la société Ecolair qui a placé, pour les besoins de l'étude, un système LCUP de pulvérisation de produits neutralisants.
L'installation LCUP consiste en une unité centrale et de 1 à 6 satellites raccordés à l'unité centrale par un tuyau pour l'air comprimé, un tuyau pour le liquide et une commande électrique[14].

L'unité centrale comprend un compresseur de type médical sans huile, les pompes de transfert pour chacun des satellites et l'automate de programmation.
Les satellites de pulvérisation sont munis d'un réservoir tampon dont le niveau est contrôlé par un système à flotteur et des gicleurs adéquats, entièrement synthétiques.

Le délai entre les pulvérisations et le temps de pulvérisation peuvent être programmées indépendamment pour chaque satellite.

Dans le cas présent, Ecolair a équipé les trois salles, chacune avec deux satellites, soit un total de 6 satellites. Cette configuration permettait, pour une mesure donnée, de ne pas attendre qu'une salle soit revenue dans des conditions identiques à celles de la mesure précédente (porcs de 4 semaines), mais de toujours effectuer les réplicats sur des groupes de porcs de 4 semaines en passant d'une salle à l'autre au bon moment.

La pulvérisation était mise en route uniquement pour les besoins de la mesure, soit le matin après la mesure de l'odeur "pure". Après un délai d'environ 6 heures, l'atmosphère dans la salle de post-sevrage pouvait être considérée comme homogène et la mesure de l'odeur traitée pouvait être réalisée.

Protocole de mesure

Compte tenu de ces conditions idéales de mesure, le protocole suivant avait été imaginé (tableau 1).

	Temps de post-sevrage (semaines) et type de mesure			
Date		***Salle 1***	***Salle 2***	***Salle 3***
16/11/2005	Temps de post-sevrage	3	0	6
24/11/2005	Temps de post-sevrage	**4**	1	7
	Olfactométrie	Odeur "pure"		
	GCMSTD	Odeur "pure" Produit "pur"		
15/12/2005	Temps de post-sevrage	7	**4**	10
	Olfactométrie		Odeur traitée	
	GCMSTD		Odeur "pure" Odeur traitée	
	$NH_3 + H_2S$		Odeur "pure" Odeur traitée	
5/1/2006	Temps de post-sevrage	1	7	**4**
	Olfactométrie			Odeur "pure" Odeur + eau
	GCMSTD			
	$NH_3 + H_2S$			
26/1/2006	Temps de post-sevrage	4	1	7
	Olfactométrie		Odeur "pure" Odeur traitée	
	GCMSTD		Produit "pur"	
14/2/2006	Temps de post-sevrage	7	**4**	10
	Olfactométrie		Odeur "pure" Odeur traitée	
	GCMSTD			
	$NH_3 + H_2S$			
15/2/2006	Temps de post-sevrage	7	**4**	10
	Olfactométrie		Odeur "pure" Odeur traitée	
	GCMSTD			
	$NH_3 + H_2S$			
16/2/2006	Temps de post-sevrage	7	**4**	10
	Olfactométrie		Odeur "pure" Odeur traitée	
	GCMSTD			
	$NH_3 + H_2S$			

Tableau 1 : Agenda prévu pour l'étude.
GCMSTD = Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse avec thermo-désorption, $NH_3 + H_2S$ = mesure par tubes Dräger colorimétriques

Un heureux événement dans la famille de monsieur Baijot a contraint l'éleveur à modifier son programme d'élevage et, par conséquent, notre programme de mesure.

Finalement, c'est le programme suivant qui a été adopté (tableau 2):

24/11/2005 (porcs de 4 semaines)	1 mesure de l'odeur "pure"
5/1/2006 (porcs de 4 semaines)	1 mesure le matin sur l'odeur "pure" et 1 mesure l'après-midi sur l'odeur+pulvérisation d'eau (en fait du produit fort dilué)
13/2/2006 (porcs de 2 et 10 semaines)	1 mesure le matin sur l'odeur "pure" et 1 mesure l'après-midi sur l'odeur traitée
16/2/2006 (porcs de 4 à 7 semaines)	1 mesure le matin sur l'odeur "pure" et 1 mesure l'après-midi sur l'odeur traitée
22/2/2006 (porcs de 5 à 8 semaines)	1 mesure le matin sur l'odeur "pure" et 1 mesure l'après-midi sur l'odeur traitée + GCMSTD du produit "pur"

Tableau 2 : Calendrier réellement tenu pour l'étude.

Matériel et méthodes

Olfactométrie dynamique

Dans la porcherie, l'odeur est prélevée dans un sac de 60 litres en Tedlar® qui est un matériau "neutre" spécialement destiné à l'échantillonnage des odeurs. Le sac est placé dans un caisson rigide mis en dépression et se gonfle avec l'air ambiant, de manière à éviter toute interaction avec la pompe de prélèvement. Le tuyau d'aspiration est placé à mi-hauteur du local, dans l'axe de la cheminée d'évacuation.

L'analyse du sac prélevé est menée au laboratoire de l'unité à Arlon. L'olfactométrie dynamique est réalisée sur l'olfactomètre Odile 2010 (Odotech, Canada), répondant à la norme européenne EN13725[15].

Différentes dilutions de l'odeur contenue dans le sac sont présentées à un panel de 6 personnes. L'objectif de l'olfactométrie est de déterminer la dilution correspondant, en moyenne pour ces 6 personnes, au seuil de perception olfactive.
Le protocole adopté pour la présente étude est le suivant (photo 6).



Photo 6 : Olfactométrie dynamique au laboratoire à Arlon

- Le jury de 6 assesseurs est choisi parmi un groupe de membres du personnel, qui, pour la plupart ont fait l'objet d'un test préalable de perception avec une dilution standard de n-butanol. Les nez "extrêmes" ont ainsi été éliminés du groupe.
- En général, l'odeur est d'abord présentée au jury selon des dilutions décroissantes en progression géométrique de raison 1.58. Habituellement, pour cette étude, la dilution de départ était aux alentours de 5000 (7000 dans certains cas), puis était chaque fois divisée par 1.58. Après le premier passage, d'autres dilutions ou d'autres pas de dilutions étaient imposés, de manière à cerner plus précisément la dilution au seuil de perception.
- L'odeur diluée est présentée dans l'un des trois ports de flairage disponibles par assesseur, les deux autres recevant du gaz neutre. L'emplacement du stimulus lors de présentations consécutives est distribué au hasard sur les trois orifices. Le sujet répond dans les 15 secondes au moyen de l'un des 4 boutons : "pas d'odeur", "orifice 1", "orifice 2" ou "orifice 3", selon qu'il n'a pas perçu l'odeur ou qu'il l'a perçue dans l'un des trois orifices. Le logiciel de contrôle note un "0" en cas de non perception ou d'erreur de port et "1" si l'identification est correcte.
- La dilution au seuil de perception est alors évaluée pour chaque assesseur, comme la moyenne géométrique entre la dilution correspondant au dernier "0" précédant une série de "1" et celle du premier "1" de cette série. Les sujets ne présentant pas une série de "1" consécutifs sont éliminés. La norme prévoit de calculer la moyenne globale sur 4 assesseurs au minimum.
- Pour cette étude, chaque sac a fait l'objet de 3 réplicats avec le même jury.
- La moyenne géométrique de la dilution au seuil de perception pour tous les assesseurs retenus est alors calculée pour chacun de ces réplicats, puis la moyenne des réplicats est évaluée pour fournir la concentration de l'odeur, exprimée en uo/m^3 (unités-odeur par mètre cube). De même, l'écart-type du logarithme de ces dilutions au seuil est calculé, de façon à estimer l'intervalle de confiance de la mesure sur l'échelle géométrique.

Chromatographie en phase gazeuse et spectrométrie de masse

Le prélèvement a été réalisé sur une cartouche adsorbante en Tenax. L'air ambiant a été prélevé avec un débit aux alentours de 200 ml/min, pendant une période de 15 à 30 minutes environ, au niveau de l'orifice d'évacuation de l'air vicié dans la salle de post-sevrage. Les débits et temps de prélèvement exacts pour chaque mesure sont précisés plus loin.

L'analyse a été effectuée au laboratoire d'Arlon, le lendemain du prélèvement, au moyen d'un chromatographe en phase gazeuse (GC) couplé à un spectromètre de masse (MS), par thermo-désorption (TD) des composés piégés dans les cartouches (analyse GCMSTD).
Les caractéristiques de l'appareillage sont les suivantes :

- Appareils d'analyse : Agilent HP6890 GC et 5972 MS;
- Colonne : HP 5-MS (5% phenyl 95% dimethylpolysiloxane), longueur de 50 m, diamètre intérieur de 0.25 mm et épaisseur de film de 0.25 microns;
- Conditions opératoires pour le GC : température initiale 38°C, temps initial : 7 minutes, programmation en température : 5°C/min, température finale : 250°C, temps final : 5 minutes;
- La ligne de transfert du MS est à 280°C et l'étendue des masses balayées est de 29 à 300;
- L'identification des pics est réalisée par le logiciel HP chemstation au moyen de la base de données des spectres de masse NIST 1992;
- L'unité de désorption thermique est Unity™ de Markes international
- Le gaz porteur est de l'hélium

Tubes colorimétriques Dräger pour NH_3 et H_2S

La technique d'analyse GCMSTD utilisée ne permet pas d'identifier deux molécules souvent responsables des odeurs, à savoir l'ammoniac (NH_3) et le sulfure d'hydrogène (H_2S).

Comme il s'agit de deux molécules importantes dans le cas des effluents de porcherie, nous avons évalué leurs concentrations au moyen d'une autre technique : les tubes colorimétriques Dräger.

Les tubes réactifs à indication directe sont des tubes en verre contenant une solution chimique qui réagit par virage de coloration avec la substance à mesurer. Différents réactifs peuvent être utilisés dans les couches de remplissage des tubes, selon que l'on désire une sélectivité à une seule substance, à un groupe ou à une classe de substances.
Dans le cas de l'ammoniac, le principe est de faire réagir le gaz avec un indicateur pH qui génère un produit réactionnel bleu. Dans le cas du sulfure d'hydrogène, le gaz réagit avec un ion de plomb pour former du PbS coloré.

Le système de mesure se compose du tube réactif et d'une pompe d'aspiration (figure 1). Au moment de la mesure, le tube est cassé à ses extrémités et l'opérateur aspire à l'aide d'une pompe manuelle à soufflet une certaine quantité d'air ambiant à travers le tube. Il doit compter le nombre de "coups de pompe" préconisé par le constructeur pour la détection du gaz étudié.
Les tubes sont alors pourvus d'une échelle et, dans ces conditions précises de débit et de volume, la longueur de la zone colorée sert à déterminer la concentration de la substance à mesurer, sans calibrage préliminaire, puisque l'échelle imprimée sur le tube est directement en ppm ou %.

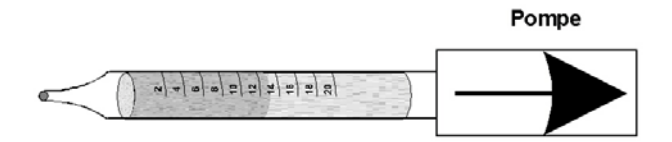


Figure 1 : Principe d'utilisation des tubes à indication colorée

Dans le cadre de la présente étude, les tubes suivants de la firme Dräger ont été utilisés :

- pour l'ammoniac :
  - tube Dräger 6733231, type 2/a
  - étendue de mesure : 2 à 30 ppm
  - virage de la coloration : de jaune, de réactif passe au bleu (photo 7)
  - interférences possibles avec d'autres substances basiques, comme les amines organiques.

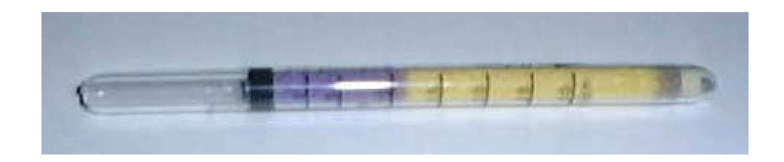


Photo 7 : Coloration du tube Dräger pour l'ammoniac

- pour le sufure d'hydrogène :
  - tube Dräger 6728041, type 0,5/a
  - étendue de mesure : 0.5 à 15 ppm
  - virage de la coloration : de blanc, le réactif passe au brun clair

- interférences possibles : aucune interférence renseignée.

Traçage d'odeur sur le terrain

L'équipe "odeur" de l'unité "Surveillance de l'Environnement" a profité de l'opportunité de sa présence sur place pour réaliser un traçage de l'odeur autour des bâtiments d'élevage.
Par rapport à la plupart des démarches qui consistent à calculer une concentration d'odeur à l'immission (dans l'environnement) à partir d'un débit d'odeur mesuré à la source, la particularité de la présente approche est qu'elle mesure l'effet à l'immission et en déduit le débit d'odeur à la source. La démarche d'estimation du débit d'odeur est donc essentiellement déductive. Comme pour les autres méthodes, la concentration moyenne annuelle dans l'environnement est ensuite évaluée, au cours d'une seconde étape, prospective cette fois, à partir du débit d'odeur ainsi estimé.

Un ou plusieurs observateurs sont chargés de parcourir la région affectée par la pollution olfactive. Ils définissent sur le terrain la courbe limite de perception de l'odeur étudiée. Durant la même période, les données météorologiques sont enregistrées: vitesse et direction du vent, température et radiation solaire. Ces données sont introduites dans un modèle de dispersion bi-gaussien. La simulation vise alors à ajuster le débit d'émission d'odeur (en uo/s) qui produirait, avec les conditions météorologiques du moment, la courbe limite réellement observée sur le terrain, c'est-à-dire, par définition, celle correspondant à 1 uo/m^3.

Ce "rétro-calcul" permet donc d'évaluer le débit d'émission propre à cette période de mesure. Dans la présente étude, ce débit est uniquement indicatif, puisqu'il est basé sur une seule mesure.

Dans une seconde étape, ce débit "typique" est introduit comme donnée d'entrée dans le modèle de dispersion pour calculer un percentile moyen annuel de dépassement de niveau d'odeur, en utilisant cette fois le "climat moyen" de la région considérée.
Le percentile résultant correspond à une concentration donnée d'odeur. Ainsi par exemple, par définition, le percentile 90 correspondant à 5 uo/m^3 délimite une zone à l'extérieur de laquelle on reste sous le niveau de 5uo/m^3 pendant plus de 90% du temps (ou, exprimé autrement, où le niveau de 5 uo/m^3 est atteint ou dépassé pendant moins de 10% du temps). En particulier, le percentile 98 correspondant à 10 uo/m^3 peut être considéré comme définissant la limite d'acceptation de la nuisance pour des odeurs d'élevage.

Résultats

Mesure globale du débit d'odeur

Un traçage d'odeur sur le terrain a été réalisé le 8 novembre 2005.
L'odeur perçue était évidemment caractéristique de l'émission globale de tous les bâtiments de l'élevage de Mr Baijot.

La distance maximum de perception de l'odeur était de 254 mètres. Le débit d'odeur déduit de cette mesure vaut 5355 uo/s et la distance moyenne correspondant au percentile 98 pour 10 uo/m^3, que l'on a considéré comme la limite d'acceptabilité de la nuisance, vaut 68 mètres. Il s'agissait bien entendu de conditions particulières au moment de la mesure. L'application de formules d'évaluation des distances optimales à respecter entre les bâtiments d'élevage et les premières habitations fournirait une distance typique d'acceptation de la nuisance de l'ordre de 170 mètres.

Le débit de l'odeur globale (5355 uo/s) semble donc assez faible. A titre de comparaison, un centre d'enfouissement technique peut émettre 150 000 uo/s et certaines porcheries émettent jusqu'à 100 000 uo/s.

Cette mesure n'était pas prévue dans le cadre de l'étude, mais son résultat peut être indicatif de l'opportunité de mettre en œuvre des techniques d'abattement de l'odeur. S'il se confirme que la distance d'acceptation de la nuisance ne dépasse pas 200 mètres et puisque le premier riverain est à 316 mètres, il n'est peut-être pas nécessaire de trouver des moyens de traitement de l'odeur.
Une technique de traçage de l'odeur, ou simplement d'évaluation de la distance par une formule rapide, pourrait donc constituer un moyen intéressant de justifier un investissement en techniques d'abattement.

Conditions de l'élevage pour chaque mesure

Les conditions de l'élevage au moment de chaque mesure sont les suivantes.

24/11/05

Salle 1
Nombre total de porcelets : 170
Age : 4 semaines
Prélèvement pour mesure GCMS : durant 25 minutes (odeur "pure").

05/01/06

Salle 3
Nombre de porcelets dans chaque box

19	17	32	28
24	15	21	21

Nombre total de porcelets : 177
Age : 4 semaines
Température ambiante près du ventilateur d'extraction : 19°C
Température ambiante près du caisson de prélèvement : 17°C
Prélèvement pour mesure GCMS : à 224 ml/min durant 24 minutes le matin (odeur "pure") et 25 minutes l'après-midi (odeur + produit très dilué).

13/02/06

Salle 2
Nombre de porcelets dans chaque box

32	21	21	14
0	1	23	21

Nombre total de porcelets : 133
Age : 10 semaines, sauf les 32 du premier box (2 semaines)
Prélèvement pour mesure GCMS : durant 15minutes le matin (odeur "pure") et 16 minutes l'après-midi (odeur + produit).

16/02/06

Salle 3

Nombre de porcelets dans chaque box

20	21	19	17
22	21	20	25

Nombre total de porcelets : 165
Age : 4 à 7 semaines
Température ambiante près du ventilateur d'extraction : 23°C
Température ambiante près du caisson de prélèvement : 22°C (18°C l'après-midi)
Prélèvement pour mesure GCMS : durant 19 minutes le matin (odeur "pure") et 14 minutes l'après-midi (odeur + produit).

22/02/06

Salle 3

Nombre de porcelets dans chaque box

19	33	21	20
17	19	20	20

Nombre total de porcelets : 169
Age : 5 et 8 semaines
Température ambiante près du caisson de prélèvement : 17°C (21°C l'après-midi)
Prélèvement pour mesure GCMS : durant 15 minutes le matin (odeur "pure") et 17 minutes l'après-midi (odeur + produit).

Mesures olfactométriques

Le tableau 3 fournit les résultats des analyses olfactométriques sur tous les échantillons prélevés en salles de post-sevrage.
Pour chaque sac, la concentration est la moyenne géométrique entre les concentrations des 3 réplicats réalisés avec le même panel de personnes.

Date	Atmosphère prélevée	Concentration de l'odeur (uo/m^3)	Ecart-type des log(Concentration)	Intervalle de confiance (uo/m^3)
24/11/05	Odeur "pure"	1253	0.25	[405,3880]
	Odeur "pure"	574	0.13	[317,1040]
	Moyenne des deux sacs	848	0.19	[358,2009]
05/01/06	Odeur "pure"	1115	0.13	[629,1976]
	Odeur + produit fort dilué	1027	0.07	[740,1426]
13/02/06	Odeur "pure"	1261	0.24	[427,3728]
	Odeur + produit	1697	0.13	[932,3092]
16/02/06	Odeur "pure"	3409	0.12	[1985,5853]
	Odeur + produit	2912	0.27	[857,9890]
22/02/06	Odeur "pure"	2077	-	-
	Odeur + produit	7378	-	-

Tableau 3 : Résultats des mesures olfactométriques

Dans la 4e colonne sont fournis les écarts-types des logarithmes des concentrations.
En effet, l'échelle psychométrique reliant les concentrations d'odeur à l'intensité ressentie étant logarithmique, il est admis que toutes les statistiques sur les concentrations d'odeurs sont réalisées sur des échelles logarithmiques. Ainsi, la moyenne n'est pas la moyenne arithmétique, c'est-à-dire une somme de valeurs divisée par l'effectif n, mais bien une moyenne géométrique, c'est-à-dire la racine n^{e} du produit des valeurs. Une autre manière de calculer cette moyenne géométrique est de passer aux logarithmes, de faire la moyenne arithmétique, puis de repasser à l'argument d'origine par l'opération inverse du logarithme (10^{x}). De la même façon, les autres statistiques seront réalisées sur les logarithmes des concentrations. C'est pourquoi l'écart-type "s" est fourni sous forme logarithmique. Dans l'espace des logarithmes, on peut calculer un intervalle de confiance classique autour de la moyenne par [moyenne-1.96 s, moyenne+1.96 s]. On repasse alors aux concentrations par l'opérateur inverse [10^{x}], c'est l'intervalle fourni dans la dernière colonne.
Il donne une idée de la répétabilité des mesures ou encore de leur dispersion à travers tous les assesseurs d'un même jury. Il est admis qu'un intervalle de confiance "typique" autour d'une concentration d'odeur moyenne, mesurée par olfactométrie dynamique, est limité par la moitié de la moyenne et le double de la moyenne[15]. C'est plus ou moins ce qui est constaté dans le cas présent et qui montre que les résultats d'olfactométrie sont à considérer avec beaucoup de précautions, surtout lorsque l'on compare deux situations comme dans cette étude.
Remarquons que l'intervalle de confiance n'a pas été fourni pour la dernière journée de mesure. Les concentrations mesurées ce jour-là ne résultent en effet que de l'avis de deux assesseurs sur les 6 présents dans le jury. Inexplicablement, les personnes du jury ont fourni des réponses assez peu fiables ce jour-là.

Excepté donc les valeurs douteuses de cette dernière journée, les concentrations oscillent entre 574 et 3409. La différence entre la concentration de l'odeur "pure" et de l'odeur traitée par neutralisant n'est pas marquée. Le 14 février, le mélange odeur-neutralisant semble sentir davantage (on passe de 1261 uo/m^{3} pour l'odeur "pure" à 1697 uo/m^{3} pour l'odeur traitée), alors que le 17 février, c'est l'inverse (on passe de 3409 uo/m^{3} à 2912 uo/m^{3}). Compte tenu de l'incertitude de la mesure, ces différences ne sont pas significatives.
Si l'on tient compte de la dernière journée de mesure, l'odeur traitée sentirait même assez bien plus fort que l'odeur non traitée. Une telle conclusion confirme les résultats trouvés dans la littérature. Précisons que la méthode de l'olfactométrie dynamique ne calcule la concentration de l'odeur que par détection du seuil de perception, qu'il s'agisse d'une odeur "agréable" ou d'une odeur "désagréable". Il n'est donc pas impossible que l'odeur traitée soit différente de l'odeur non traitée, tout en étant éventuellement plus forte.
Faisons remarquer que les concentrations mesurées le 5 janvier 2006, assez fiables au vu des intervalles de confiance, sont très proches l'une de l'autre. Or, il s'agit de l'odeur "pure" et de l'odeur mélangée au produit très dilué. Ceci semble montrer que l'eau n'agirait pas comme agent neutralisant et donc, que l'odeur ne serait pas altérée par la vaporisation d'eau pratiquement pure. Ceci est évidemment à confirmer par des études plus approfondies.

Le protocole choisi pour cette étude, répétitions des mesures sur plusieurs journées et réplicats pour chaque sac, constitue une forme de garantie de la pertinence de ces conclusions. La gamme de concentration trouvée, bien que semblant assez large si on se réfère à la métrologie "classique", reste finalement assez limitée dans le cadre de l'olfactométrie (la concentration d'une odeur de terrain peut très bien atteindre plusieurs dizaines ou centaines de milliers d'unités odeur). Cette étendue de valeurs est d'ailleurs tout à fait cohérente avec les valeurs de la littérature concernant les porcheries.
L'ordre de grandeur de 1400…1500 uo/m^{3} peut être retenu pour la concentration d'odeur dans la salle de post-sevrage, que l'atmosphère soit traitée ou non.
Le débit d'extraction de la salle de post-sevrage peut être grossièrement estimé à 1 m^{3}/s. Le produit de la concentration d'odeur par le débit d'extraction fournissant le débit d'odeur, ce dernier vaudrait donc à peu près 1500 uo/s. Comme il y a environ 150 porcelets dans la

salle, cela donne un débit moyen de 10 uo/s/porc en post-sevrage. Ceci est tout à fait cohérent avec les estimations courantes (1 porc à l'engrais au stade finition = 20 uo/s et un porc en post-sevrage = ½ porc à l'engrais).

Caractère hédonique

Le caractère hédonique de l'odeur n'a pas fait l'objet d'une analyse rigoureuse, selon les échelles normalisées, mais, à chaque passage d'un sac, il était demandé aux assesseurs leur impression générale sur la tonalité ressentie. En général, peu de personnes ressentaient une différence réelle entre les deux types d'odeur, tout au moins pour des dilutions proches du seuil de perception. A plus forte concentration (et notamment avec l'odeur du sac non diluée), il semble néanmoins que l'atmosphère traitée par le produit neutralisant, tout en sentant très fort l'odeur de porc, était plus supportable que celle de l'atmosphère non traitée.

Une impression similaire a été ressentie par l'opérateur de terrain. Dans les quelques minutes après le démarrage de l'appareil de pulvérisation, une odeur de "masquant" était nettement perceptible, pour s'atténuer ensuite. Après quelques heures d'homogénéisation, un équilibre s'établissait entre l'odeur de porc et celle du produit, pour donner une impression générale plus supportable, tout en conservant une tonalité de porcherie.

A ce niveau, et sur base de ces quelques résultats fragmentaires, on serait donc tenté de conclure que le produit neutralisant ne supprime pas l'odeur de porc, qu'il n'impose pas non plus sa propre odeur, comme celle d'un parfum désodorisant, mais que l'odeur résultante, bien que toujours présente dans les mêmes concentrations, est plus supportable.

Ammoniac et hydrogène sulfuré

Le tableau 4 fournit les résultats de la mesure de NH_3 et de H_2S par tubes colorimétriques Dräger.

Date	NH_3 (ppm)		H_2S (ppm)	
	Matin	Après-midi	Matin	Après-midi
24/11/2005	5	-	<0.5	<0.5
05/01/2006	5	5.5	<0.5	<0.5
13/02/2006	3.5	3.5	<0.5	<0.5
16/02/2006	7.5	7	<0.5	<0.5
23/02/2006	10	10	<0.5	<0.5

Tableau 4 : Résultats des mesures par tubes colorimétriques Dräger

A aucun moment donc, le tube colorimétrique relatif à H_2S n'a réagi, ce qui signifie que la concentration en sulfure d'hydrogène était toujours inférieure au seuil de détection de 0.5 ppm., avec ou sans le neutralisant.

La littérature sur le sujet indique cependant clairement qu'une corrélation existe entre l'odeur de porcherie et la concentration en H_2S, davantage d'ailleurs qu'entre l'odeur et l'ammoniac. Ainsi, Zhou et Zhang[16], dans une étude menée dans 10 porcheries, relèvent un coefficient de corrélation de 0.87 entre la concentration d'odeur et la concentration en sulfure d'hydrogène (figure 2). Néanmoins, la concentration en H_2S ne dépasse 0.5 ppm que lorsque la concentration de l'odeur dépasse 1000 uo/m^3. Dans notre cas, comme le niveau moyen de l'odeur était aux alentours de 1500 uo/m^3, il est possible que la quantité de sulfure

d'hydrogène dans la salle de post-sevrage n'ait pas été suffisante pour faire réagir le tube Dräger.

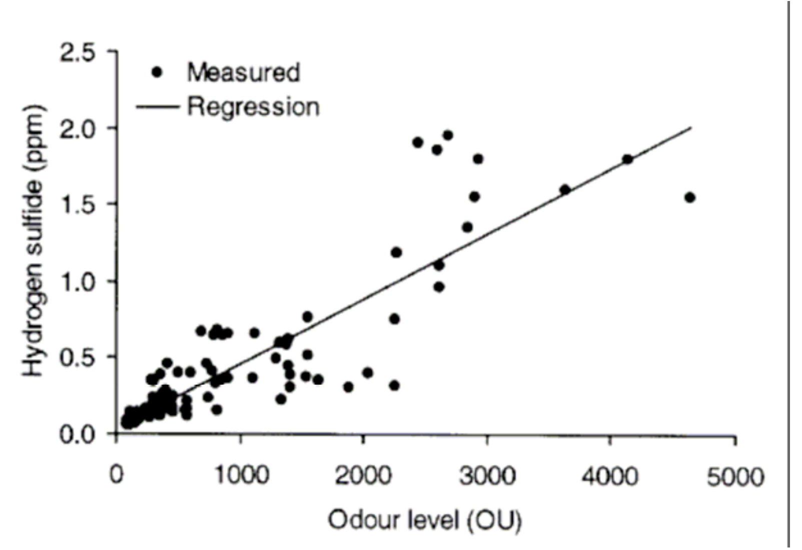


Figure 2 : Liaison entre la concentration en H_2S et la concentration de l'odeur pour 10 porcheries, selon Zhou et Zhang[16]

Nous avions choisi un des tubes colorimétriques les plus sensibles dans la gamme des produits Dräger. Une manière de passer artificiellement sous le seuil de détection est d'augmenter le nombre de "coups de pompes" lors du prélèvement. Ceci a été réalisé à quelques occasions, mais sans que le tube ne réagisse davantage.
Signalons néanmoins qu'avec la méthode des tubes colorimétriques, et plus singulièrement pour la détection d'H_2S, il existe une limite d'utilisation en fonction de l'humidité. Dans les conditions de température de nos essais, cette limite se situerait aux alentours de 75 à 80% d'humidité relative. Or, l'humidité mesurée le 5 janvier 2006 était de 78% le matin et 86% l'après-midi. De manière générale, l'opérateur a d'ailleurs constaté une humidité assez élevée dans les salles. Ce qui précède montre donc que, sans les enfreindre totalement, nous n'étions pas tout à fait dans les limites d'utilisation correcte des tubes colorimétriques pour le sulfure d'hydrogène.

L'ammoniac est détecté chaque fois, dans des concentrations allant de 3.5 à 10 ppm, ce qui est tout à fait en accord avec d'autres études[8,18].
L'ammoniac est le gaz polluant le plus présent dans les installations porcines[17], il résulte principalement de la dégradation de l'urée présente dans l'urine. Les émissions d'ammoniac se produisent dès la formation d'azote ammoniacal sur les caillebotis.
Néanmoins, comme le montre la figure 3, extraite d'une étude de Francis Pouliot, du Centre de Développement du Porc, au Québec[18], elles varient au cours de la journée, selon les moments de miction et de consommation alimentaire, avec une production plus intense entre 8h et 20h.
Dans notre cas, nous avons constaté des variations d'un jour à l'autre, probablement selon le climat et le nombre de porcs présents dans la salle, mais une assez bonne concordance entre les relevés du matin et ceux de l'après-midi. Comme la mesure du matin correspondait à l'odeur pure et celle de l'après-midi à l'odeur traitée, ceci montre que le produit n'a aucune influence sur le niveau d'ammoniac présent dans la salle.

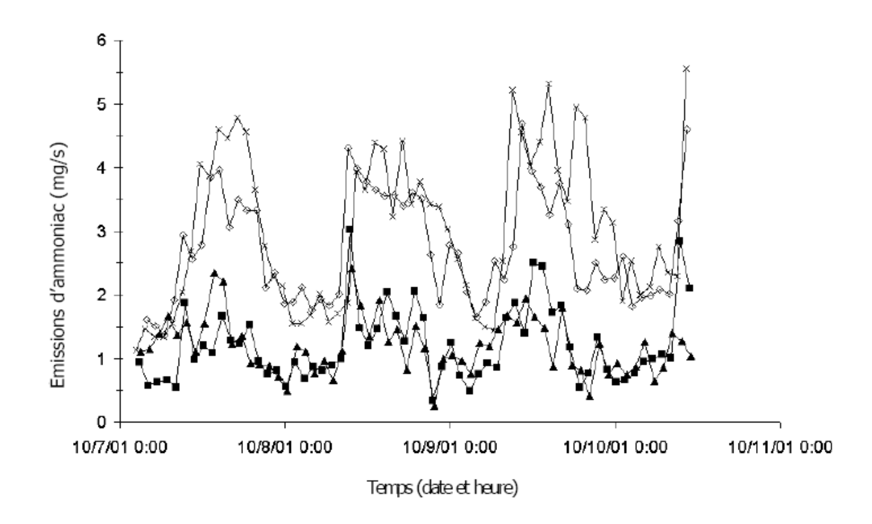


Figure 3 : Emissions d'ammoniac dans quatre chambres différentes en croissance-finition, selon Pouliot[18]

Analyses GCMS

Les différentes analyses des échantillons prélevés dans la porcherie en l'absence de produit (odeur "pure") fournissent pratiquement toujours des chromatogrammes identiques. A titre d'exemple, la figure 4 montre celui du 13 février 2006 au matin. La figure 5 montre le chromatogramme obtenu avec l'odeur traitée par le neutralisant, échantillonnée l'après-midi de la même journée.

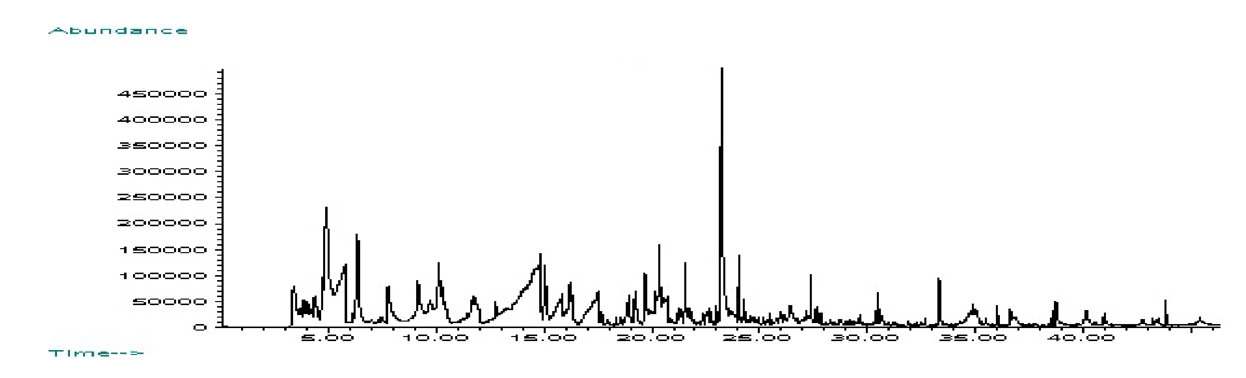


Figure 4 : Chromatogramme de l'odeur "pure" de la porcherie le 13/2/06 au matin

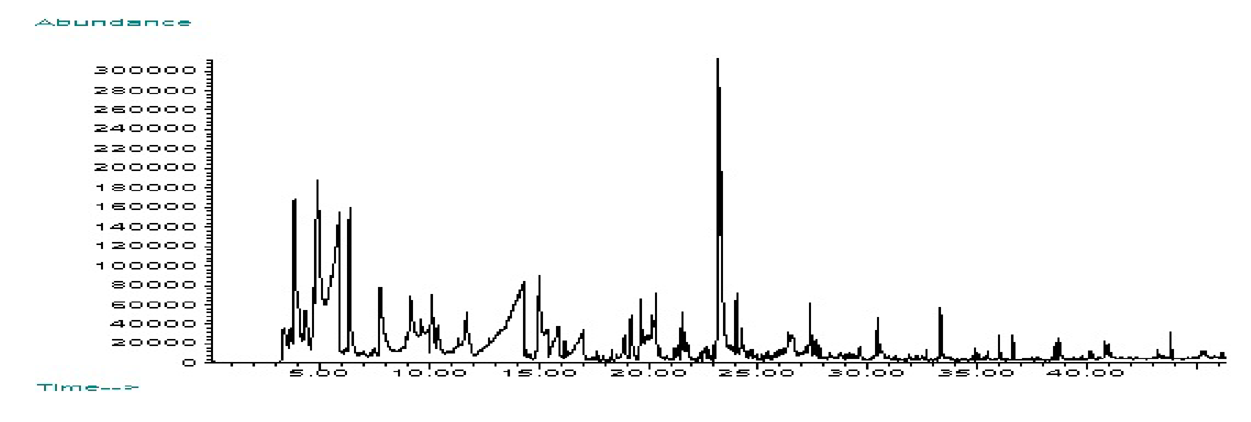


Figure 5 : Chromatogramme de l'odeur "traitée" de la porcherie le 13/2/06 après-midi

Un examen visuel rapide des figures 4 et 5 ne permet pas d'établir une différence évidente entre les deux profils physico-chimiques.
L'odeur "pure" de la salle de post-sevrage est caractérisée par une forte abondance d'acides gras, et principalement de l'acide butanoïque (temps de rétention de l'ordre de 14…15 minutes sur l'axe horizontal des chromatogrammes).
Le tableau 5 reprend la liste des composés les plus fréquemment identifiés dans l'odeur "pure" (par facilité, nous avons conservé la nomenclature anglaise fournie par l'appareil). La troisième colonne montre l'abondance relative de chacun de ces composés.

Famille	Composé	Abondance relative
Soufrés	Disulfide, dimethyl	2.05
	Trisulfide, dimethyl	1.11
	Dimethyl sulfide	0.52
	Thiophene, 2,5-dibutyl-	0.2
Phénols	Phenol, 4-methyl-	11.55
	Phenol	2.23
	Phenol, 2-ethyl-	0.86
	Phenol, 2-methoxy-	0.24
Furannes	2(3H)-Furanone, dihydro-5-pentyl-	0.62
	2(3H)-Furanone, 5-butyldihydro-	0.29
	Furan, 2-pentyl-	0.16
Esters	Butanoic acid, 2-methyl-	2.88
	Butanoic acid, 3-methyl-	2.64
	Hexanoic acid, ethyl ester	1.54
	Butanoic acid, 3-methyl-	1.12
	Butanoic acid, ethyl ester	0.47
	Butanoic acid, butyl ester	0.27
	Formic acid, heptyl ester	0.21
Cétones	2-Butanone, 3-hydroxy-	3.42
	2,3-Butanedione	0.96
	6-Undecanone	0.21
	3-Octanone	0.17
Aromatiques	Benzene, 1,3-dimethyl-	4.21
	Toluene	2.7
	Butylated Hydroxytoluene	1.08
	Benzene, 1-isocyano-2-methyl-	0.91
	Benzene, (1-methylethyl)-	0.62
	Benzene, 1,2,3-trimethyl-	0.45
	Benzene, 1,2,4,5-tetramethyl-	0.09
Aliphatiques	Cyclopropane, propyl-	7.1
	Dodecane	0.61
	Tridecane	0.39
	Undecane	0.31
	Pentadecane	0.26
	Hexadecane	0.16
	Nonane, 2,6-dimethyl-	0.15
	Tetradecane	0.14
	Dodecane, 6-methyl-	0.1
	Nonane, 3-methyl-	0.09
Alcools	2-Butanol	5.42
	1-Pentanol	2.2
	1-Butanol	1.58
	1-Propanol	0.53
	2-Dodecanol	0.47
	2,3-Butanediol	0.35
	Ethanol	0.25
	Phenylethyl Alcohol	0.15

Acides	Hexanoic acid	10.83
	Butanoic acid	5.43
	Acetic acid	4.98
	Pentanoic acid	3.33
	Pentanoic acid	3.28
	Butanoic acid	1.81
	Benzoic Acid	0.83
	trans-3-Hexenedioic acid, bis(trim	0.16
Indole	1H-Indole, 3-methyl-	33.39
Hydrazine	Hydrazine, propyl-	10.01
Aldéhyde	Hexanal	11.74
Autres	Hydroperoxide, 1-methylethyl	3.87
	3-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-m	25.52

Tableau 5 : Liste des principaux composés identifiés dans l'odeur "pure" de la porcherie

Les concentrations étant nettement supérieures à ce que nous avons coutume d'observer, la calibration réalisée pour nos analyses ne peut pas réellement être extrapolée.
A titre indicatif cependant, les concentrations de quelques substances seraient les suivantes :

- >0.02 mg/Nm^3 pour le diméthyl-disulfure
- >0.02 mg/Nm^3 pour le diméthyl-trisulfure
- .007 mg/Nm^3 pour le diméthyl sulfure
- >0.02 mg/Nm^3 pour l'acide butonoïque (2-methyl)
- >0.02 mg/Nm^3 pour le toluène

Les deux chromatogrammes des figures 4 et 5 ne diffèrent pas beaucoup, mais quelques différences peuvent néanmoins être observées.
Le tableau 6 montre les composés retrouvés en commun dans les deux analyses. Il semblerait que certains composés soient en proportion moindre dans l'odeur traitée par le neutralisant, mais l'inverse est vrai également.

composés communs	aire pic odeur "pure"	aire pic odeur + produit	différence	famille
1-Butanol	1.26E+07	9.42E+06	3.E+06	alcool
1H-Indole, 3-methyl-	3.77E+06	2.09E+06	2.E+06	indole
Acetic acid	2.54E+07	3.67E+07	-1.E+07	acide
Butanoic acid	7.04E+07	4.02E+07	3.E+07	acide
Butylated Hydroxytoluene	2.13E+05	6.88E+05	-5.E+05	?
Decane	9.90E+06	4.14E+06	6.E+06	aliphatique
Dimethyl sulfide	4.01E+06	5.58E+06	-2.E+06	soufré
Disulfide, dimethyl	1.09E+07	3.85E+06	7.E+06	soufré
Dodecane	3.65E+06	2.56E+06	1.E+06	alip
Eucalyptol	1.16E+06	5.89E+05	6.E+05	alcool
Limonene	5.28E+06	1.87E+06	3.E+06	terpène
Nonadecane	4.22E+05	7.46E+05	-3.E+05	aliphatique
Nonanal	1.94E+06	7.99E+05	1.E+06	aldéhyde
Pentanoic acid	3.53E+06	6.96E+06	-3.E+06	acide
Pentanoic acid	1.67E+07			acide
Pentanoic acid, 2-methyl-	3.73E+06			acide
Phenol	6.60E+06	4.16E+06	2.E+06	phénol
Phenol, 4-methyl-	3.85E+07	-3.38E+04	4.E+07	phénol
Toluene	1.40E+07	4.74E+06	9.E+06	aromatique

Tridecane	2.11E+06	1.24E+06	9.E+05	aliphatique
Trisulfide, dimethyl	5.17E+06	3.11E+06	2.E+06	soufré
Undecane	4.18E+06	1.52E+06	3.E+06	aliphatique
1-Hexanol	8.66E+06	8.20E+06		alcool

Tableau 7 : Comparaison des aires de pics des composés trouvés en commun dans les deux ambiances

L'analyse de l'odeur "pure" révèle un nombre de composés supérieur à celui de l'analyse de l'odeur traitée. Ceci n'est pas en accord avec les analyses réalisées dans le cadre d'autres études[7], pour lesquelles le nombre de volatils émis par le produit neutralisant était important.
Dans le chromatogramme de l'ambiance traitée par le neutralisant, on ne retrouve qu'assez peu d'aromatiques et pas de camphène observés dans l'odeur "pure" de la porcherie.

Par contre, les produits soufrés sont toujours présents, malgré une légère réduction de leur concentration, et on ne met pas en évidence la présence de "molécules cages", caractéristiques des produits neutralisants ou de masquage, et qui "engloberaient" les molécules volatiles plus légères.

De telles molécules sont pourtant présentes dans le produit "pur", caractérisé par le chromatogramme de la figure 6, fort différent de celui des figures 4 et 5.

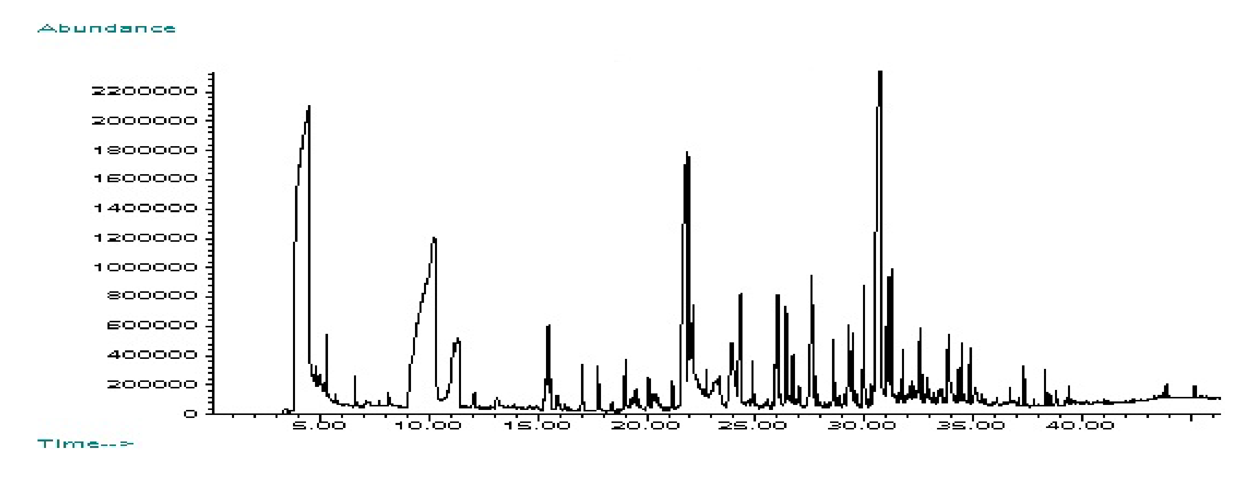


Figure 6 : Chromatogramme du produit neutralisant "pur" pulvérisé dans une salle de post-sevrage vide le 22/2/06

Il s'agit en fait d'un prélèvement réalisé dans les mêmes conditions et avec le même matériel que les précédents, mais dans une salle de post-sevrage vide et directement dans le nuage de neutralisant pulvérisé. La salle n'étant pas exempte d'odeur de porc, le prélèvement a été réalisé en tentant d'isoler au maximum le système de prélèvement de l'ambiance générale de la salle.
Le tableau 8 présente quelques uns des composés identifiés dans le panache de produit "pur". L'analyse identifie beaucoup de composés peu courants, avec des probabilités de reconnaissance diverses et il serait hasardeux d'en fournir une liste complète.

Composé	Abondance relative
2-Propanol (ou isopropanol)	25.9
1-Butanol, 3-methyl-	9.0
Limonene	6.7
1-Pentanol	3.3
Eucalyptol	2.9
Benzyl Alcohol	2.2

Linalyl propanoate	2.1
1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-	1.8
Bicyclo[2.2.1]heptan-2-one, 1,7,7-	1.7
Borneol	1.4
1-Decanol	1.3
1-Butanol, 3-methyl-, acetate	1.0
Eugenol	0.8
6-Octen-1-ol, 3,7-dimethyl-, (R)-	0.6
1-Propanol, 2-(2-hydroxypropoxy)-	0.5
Benzaldehyde	0.5
Caryophyllene	0.4
Thujopsene	0.4
3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-m	0.4
1,4-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-	0.3
2-Butanone	0.3
2-Butanol	0.3
7-Oxabicyclo[2.2.1]heptane, 1-meth	0.3
1-Hexanol	0.2
1-Butanol	0.2
1H-3a,7-Methanoazulene, 2,3,4,7,8,	0.2
.beta.-Myrcene	0.2
.beta.-Pinene	0.2
5-Hepten-2-one, 6-methyl-	0.2
1-Heptanol	0.2

Tableau 8 :Quelques composés identifiés dans le produit pur pulvérisé

Nous n'observons plus les acides gras caractéristiques des porcheries, mais nous relevons la présence d'alcools, comme l'iso-propanol, le 3-methyl-1-butanol, le 1-pentanol, l'eucalyptol, …qui sont probablement utilisés comme solvants du produit neutralisant.
Retenons également la présence de molécules plus lourdes et plus complexes, apparaissant au-delà du temps de rétention de 25 minutes, qui n'étaient pas présentes dans les chromatogrammes d'ambiance. Le spectromètre de masse semble bien identifier dans ces composés des "molécules cages", ou tout au moins des molécules complexes à 8 ou 9 atomes de carbone.

Enfin, présentons, à titre indicatif, le chromatogramme de l'odeur de porc mélangée avec le produit très dilué (prélèvement du 5/01/2006 après-midi, figure 7). Assez différent des autres échantillons d'ambiance, il présente un grand nombre de composés. Ce chromatogramme est difficilement interprétable, si ce n'est éventuellement par des conditions particulières de la porcherie ce jour-là.

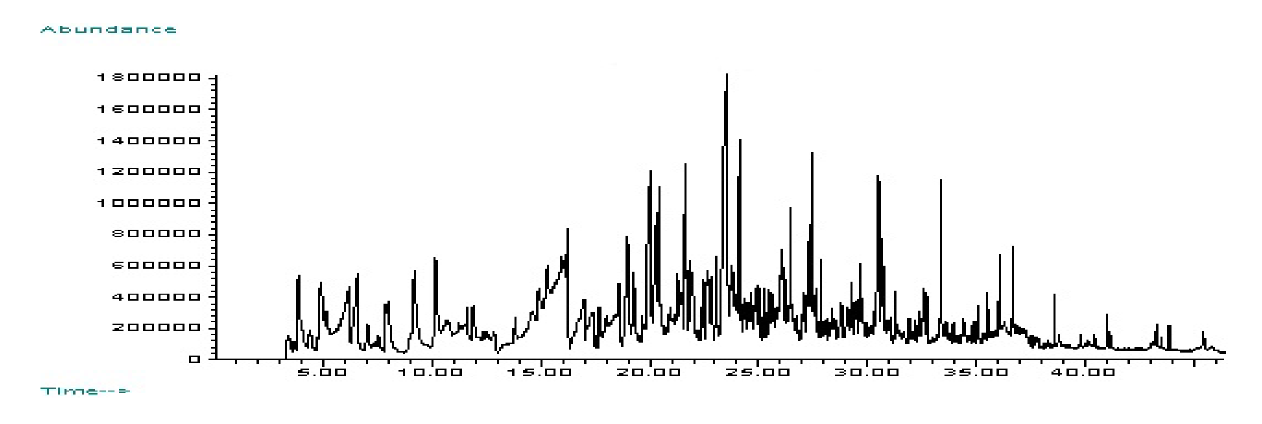


Figure 7 : Chromatogramme de l'odeur de porc mélangée au produit neutralisant fort dilué (5 janvier 2006 après-midi)

En conclusion de cette étude physico-chimique, le produit neutralisant présente bien un profil chromatographique fort différent de celui de la porcherie, mais on ne retrouve pas ces molécules dans l'ambiance traitée. La pulvérisation étant très légère, ceci n'est pas étonnant, mais n'explique pas néanmoins la manière dont l'odeur serait traitée par le produit. Excepté un léger abattement de quelques molécules, les chromatogrammes ne mettent pas en évidence de différence significative entre l'odeur "pure" et l'odeur traitée.

Aspects économiques

La firme Ecolair nous a transmis une estimation des coûts de fonctionnement de son appareil.
Un satellite consomme 0.25 ml/s, la séquence de pulvérisation conseillée est de 2 secondes toutes les 3 minutes, soit une consommation horaire de 10 ml.

Le prix du produit actif est de 4.3 €/litre, soit un coût horaire de 0.043 €.

Pour un fonctionnement 8 heures par jour durant 30 jours, cette estimation fournit un coût de fonctionnement mensuel de 10.32 €. Pour une installation de 6 satellites (par exemple pour 400 porcs à l'engraissement), le coût mensuel serait de 61.92 €, soit environ un fût à 258 € pour 4 mois.

Le coût annuel pour une telle installation à 6 satellites serait donc de 775 €.

Conclusions

L'étude, malgré de légères modifications par rapport au protocole "idéal" prévu, permet de fournir un certain nombre de conclusions.
La concentration de l'odeur de la porcherie dans les salles de post-sevrage ne semble pas altérée par l'effet du produit neutralisant. Il semblerait néanmoins que le caractère hédonique de l'odeur soit plus acceptable. Ceci est d'ailleurs confirmé par certains riverains de porcheries traitées par ce type de méthode (voir notamment le site http://users.skynet.be/estinnes.porcheries/ du Comité de Quartier de la rue Rivière d'Estinnes-au-Val qui déclare que l'utilisation d'un tel produit donne de bons résultats).

Pourtant, ni les analyses olfactométriques, ni les analyses physico-chimiques ne permettent de mettre en évidence une transformation chimique de l'odeur.
La technique de l'échantillonnage n'est peut-être pas la meilleure pour ce type d'étude. Si le neutralisant agit plutôt par un effet physique (par exemple de "rabattement" de l'odeur), il sera très difficile de le prouver sur base d'échantillons.

Nous suggérons comme perspectives pour le futur de réaliser des prélèvements sur des profils verticaux, de manière à identifier d'éventuels gradients d'odeur. Mieux encore serait de réaliser une étude dans un laboratoire en vraie grandeur (de quelques mètres cubes) dans lequel les assesseurs pourraient entrer et apprécier en temps réel l'effet éventuel des produits neutralisants sur une odeur synthétique.

Bibliographie

[1] Guingand, N., Loiseau, D. (2000) Des produits pour réduire les odeurs. Analyse descriptive des produits disponibles sur le marché. TechniPorc **23**, 1-4

[2] Présentation des produits "Vaportek", traduite d'un texte anglais de Sylvain Savard (Centre de recherche industrielle du Québec)

[3] Greenworld sarl (1999) *Traitement des odeurs* – Fascicule de présentation des produits

[4] Dossier de présentation des produits "Exosite" de la division "Enviro-Cem Systems" de Monsanto.

[5] *Id'O Concept désodorise le lisier de porc.* Décision Environnement **79** – septembre 1999 – p.22

[6] Dossier de présentation des produits "Moleclean"

[7] Duyckaerts, J.M. (1998) Mesures de l'efficacité d'abattement d'odeur d'une barrière de pulvérisation. Etude réalisée par le Certech pour Intradel

[8] Guingand, N., Boulestreau, A.L., Juin, S., Maupertuis, F. (2004) Utilisation d'additifs en porcherie. Effet sur l'émission d'odeurs et d'ammoniac en engraissement. TechniPorc **27**, 25-32

[9] Guingand, N., Veyrier, T. (2004) Effet d'un additif sur l'émission d'odeur en engraissement en conditions d'élevage. TechniPorc **27**, 39-42

[10] Perret, R., Adam, K., Ramel, M. (2005) *Etude réalisée sur trois types d'éffluents malodorants. .* Actes des Journées techniques nationales-Salons de l'Aveyron – Paris 8 et 9 février 2005- 277-292

[11] Couvert, A., Turpin, A., Laplanche, A. (2005) *Etude d'un banc d'essais pour tester les produits dits neutralisants d'odeurs.* Actes des Journées techniques nationales-Salons de l'Aveyron – Paris 8 et 9 février 2005- 293-301

[12] Lubac, S., Aubert, C. (2001) Etude des taux d'ammoniac d'hydrogène sulfuré et niveaux d'odeurs des bâtiments d'élevage de canards de Barbarie et conséquences du raclage des fientes. Sciences et Techniques Avicoles, octobre 2001, n° 37, 5-9

[13] Lubac, S., Forichon, T., Martin-Peulet, G., Aubert, C., Robin, P. (2005) Quantification et étude des paramètres de variations des émissions de gaz et d'odeurs en élevage de canards de Barbarie de type « Louisiane ». 6e Journées de la Recherche Avicole – Saint Malo, 30 et 31 mars 2005

[14] Ecolair (2005) *Manuel d'utilisation du LCUP.* Ecolair SA – Flobecq

[15] IBN (2003) *Norme NBN EN 13725 Qualité de l'air – Détermination de la concentration d'une odeur par olfactométrie dynamique.* Institut Belge de Normalisation – ICS : 13.040.99

[16] Zhou, X., Zhang, Q. (2003) *Measurements of odour and hydrogen sulfide emissions from swine barns.* Canadian Biosystems Engineering, **45,** pp. 6.13-6.18

[17] Degré, A., Verhève, D., Debouche, C. (2001) *Emissions gazeuses en élevage porcin et modes de réduction : revue bibliographique.* Biotechnol. Agron. Soc. Environ., **5,** 135-143

[18] Pouliot, F., Fillion, R. (2004) Le contrôle des odeurs au bâtiment. Journée d'information provinciale. Les odeurs et la production porcine : les solutions accessibles. Organisation : Fédération des producteurs de porcs du Québec. Drummondville, 27 janvier 2004.